

*PLANO BÁSICO AMBIENTAL DA  
DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO  
DO PORTO DE SANTOS*



 **FUNDESPA**  
Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas

*4º Relatório do Monitoramento Ambiental  
Intensificado para a Dragagem do Trecho 4  
do Canal do Porto de Santos*

## **IDENTIFICAÇÃO**

---

**PRODUTO:** RMI-270411 – 4º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos.

**DATA:** 27 de Abril de 2011.

O presente documento apresenta o acompanhamento das atividades do Monitoramento Ambiental Intensificado da área de disposição de sedimentos da dragagem do trecho 4 do Canal de Navegação do Porto de Santos e suas peculiaridades, sendo parte integrante do Plano Básico Ambiental da Dragagem de Aprofundamento do Porto de Santos.

Sendo contratada pela Companhia Docas do Estado de São Paulo – CODESP para coordenar e administrar os trabalhos de “GERENCIAMENTO E IMPLANTAÇÃO DO PLANO BÁSICO AMBIENTAL (PBA) DA DRAGAGEM DE APROFUNDAMENTO”, a FUNDESPA encaminha o 4ª Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos para às atividades desenvolvidas na quarta semana de monitoramento, referente ao período de 20 a 26 de Abril de 2011, bem como também apresenta os dados de todas as demais campanhas desse monitoramento (campanha prévia e campanhas I, II, III e IV).

## SUMÁRIO

<b>17. MONITORAMENTO AMBIENTAL INTENSIFICADO PARA A DRAGAGEM DO TRECHO 4 DO CANAL DO PORTO DE SANTOS .....</b>	<b>1</b>
17.1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
17.2. ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS NO PROGRAMA .....	3
17.3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS .....	10
17.4. RESULTADOS .....	13
17.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	28
17.6. CRONOGRAMA .....	33
17.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34
17.8. ANEXOS .....	35

## **17. Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos**

### **17.1. Introdução e Objetivos**

O monitoramento ambiental intensificado para a dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos é um programa complementar, que visa a intensificação do monitoramento na área de disposição oceânica para que se possa, de forma rápida e objetiva, dar subsídios para a tomada de decisão quanto à gestão da disposição dos sedimentos dragados da área em questão.

Em 4 de outubro de 2010 foi emitida a licença para a dragagem do Trecho 4. Tendo em vista a presença de material de qualidade inferior na região da Alemoa, em particular das áreas identificadas como AL-1 (porção oeste) e AL-2 (porção leste) deste Trecho o IBAMA, por meio de Nota Técnica nº 117/2010 COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA, solicitou a realização de monitoramentos adicionais durante a dragagem destas áreas, através de coletas semanais de amostras para realização de ensaios ecotoxicológicos com as fases sólidas e líquidas do sedimento da área de disposição e análises químicas de mercúrio. Além destas análises semanais foi solicitada a intensificação da avaliação de bioacumulação em tecidos de organismos demersais para periodicidade trimestral. Estes resultados serão apresentados juntamente com os demais resultados do Programa 17 – Monitoramento da área de Descarte em relatórios semestrais encaminhados ao IBAMA.

Após a comprovação da viabilidade da dragagem e posterior descarte oceânico dos sedimentos de qualidade inferior identificados no Trecho 4, a Retificação da Licença de Instalação nº 666/2009, condiciona a dragagem do Trecho 4, nas áreas denominadas AL 01 (sub-trecho 4D) e AL 02 (sub-trecho 4B) (Figura 17.1-1) à não execução de *overflow* e a disposição de tais sedimentos, na área de descarte marinho, condicionada à realização de monitoramento intensivo.

O Plano de Disposição Oceânica estabelece que o material dragado, proveniente de duas áreas (AL 01 e AL 02) na região da Alemoa, será destinado

ao setor de uso restrito (SUR), quadrículas Q9 e Q10. O trecho 4 foi então subdividido em quatro sub-trechos (A, B, C e D) (Figura 17.1-1), nos quais os sub-trechos 4B e 4D apresentam sedimento de qualidade inferior, ou seja, sedimentos com concentrações de alguns elementos acima do nível 1 ou 2 da Resolução Conama 344/04 (Brasil, 2004).

A dragagem no trecho 4 iniciou em 28 de janeiro de 2011 e a dragagem do trecho com sedimento de qualidade inferior iniciou em 16 de março de 2011 no sub-trecho 4B. Anteriormente a dragagem do sub-trecho 4B foi realizada a campanha prévia no dia 03 de fevereiro de 2011. A data de início de dragagem no trecho 4B disparou o início da contagem para o monitoramento intensivo, sendo que a campanha I foi realizada em 24 de março e a periodicidade do mesmo será semanal.

A segurança do processo de dragagem das áreas AL01 e AL02 podem ser alcançadas através deste plano de monitoramento intensivo com respostas rápidas o suficiente, de modo a permitir eventuais interrupções no processo. Desde que detectados rapidamente, os impactos nas áreas de disposição poderão apresentar certo grau de controle através da sobreposição dos sedimentos lançados por sedimentos de melhor qualidade.



Figura 17.1-1. Localização do trecho 4 e seus sub-trechos (4A, 4B, 4C e 4D), em destaque para as manchas de material de sedimento com qualidade inferior.

## **17.2. Atividades a serem desenvolvidas no Programa**

Serão realizados monitoramentos com respostas rápidas quanto a qualidade química e ecotoxicológica dos sedimentos da área de descarte para gerenciar a área de disposição oceânica atual, visando a mitigação de eventuais impactos à biota aquática e ao ambiente marinho, resultantes de efeitos dos contaminantes presentes nos sedimentos oriundos dos sub-trechos 4B e 4D.

O presente monitoramento intensificado prevê a entrega semanal ao IBAMA de laudos de análise química para mercúrio. Os resultados dos ensaios ecotoxicológicos com elutriatos serão entregues em cerca de 10 dias, dado ao prazo de exposição e processamento das análises, enquanto que os resultados dos ensaios ecotoxicológicos com sedimento total deverão ser finalizados em 45 dias.

Iniciado o monitoramento intensivo, após 15 dias é emitido relatório contendo os laudos bem como breves considerações acerca dos resultados encontrados. Após o primeiro relatório, é entregue semanalmente relatório de acompanhamento consolidando os resultados das campanhas realizadas.

### **17.2.1. Metodologia**

As amostras de sedimento são coletadas com amostrador de fundo do tipo *Van Veen* nos seguintes locais, conforme Figura 17.2.1-1:

- 1) Quadrícula Q-9
- 2) Quadrícula Q-10
- 3) Ponto a Nordeste do Polígono de Disposição Oceânica - PS-N1
- 4) Ponto a ser controlado, na Laje de Santos - PS-C1

Esses locais, constituídos por uma área de 1 milha quadrada, foram subdivididos em 4 sub-áreas de onde são obtidas sub-amostras. Estas sub-amostras são homogeneizadas para assim, formar uma amostra composta representativa daquela área.

Após coletadas, as amostras são acondicionadas e encaminhadas para análises conforme normas técnicas internacionalmente reconhecidas. Cadeias de

custódia acompanharão os processos de coleta e encaminhamento das amostras ao laboratório contratado.

O sedimento do sub-trecho 4B é descartado no Setor de Uso Restrito (quadrículas Q-9 e Q-10), reservado para a disposição controlada dos sedimentos de qualidade inferior. O ponto de coleta localizado próximo ao Parque Estadual Marinho da Laje de Santos (PSC1), (entre a Laje e o local de disposição), no limite da zona de amortecimento do parque (Figura 17.2.1-1), é monitorado visando verificar eventual dispersão de sedimento dragado nesta direção.

O ponto a nordeste do PDO (PSN1) está posicionado fora da área de disposição e tem por finalidade identificar eventual contaminação da região, visto que o mesmo se encontra na direção do transporte e dispersão dos sedimentos, conforme mostrado por modelagem numérica.

A Figura 17.2.1-2 apresenta esquema da malha amostral e as coordenadas geográficas dos pontos amostrais estão listadas na Tabela 17.2.1-1.



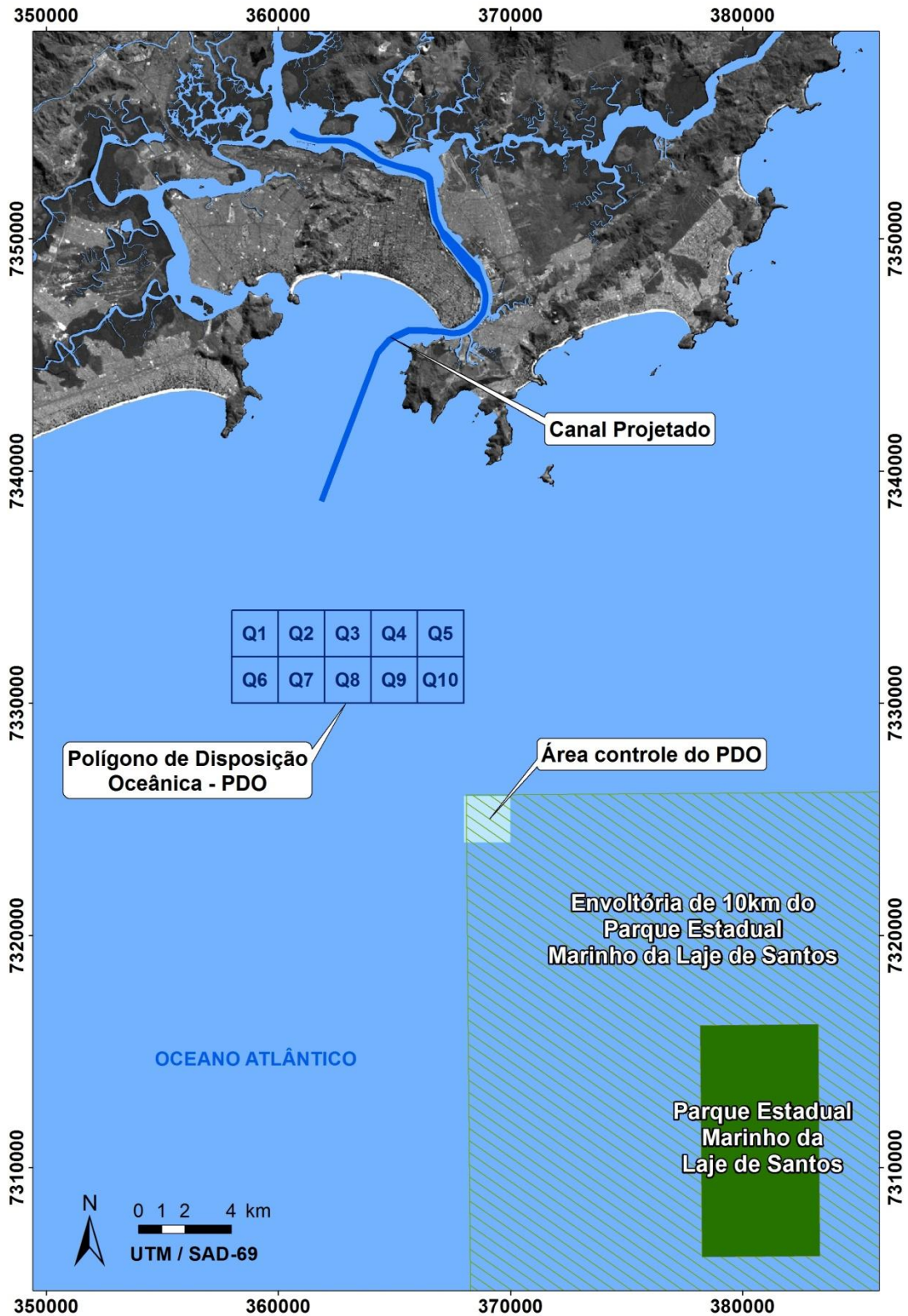


Figura 17.2.1-1. Mapa de localização do Parque Estadual Marinho da Laje Santos e do Polígono de Disposição Oceânica (PDO).

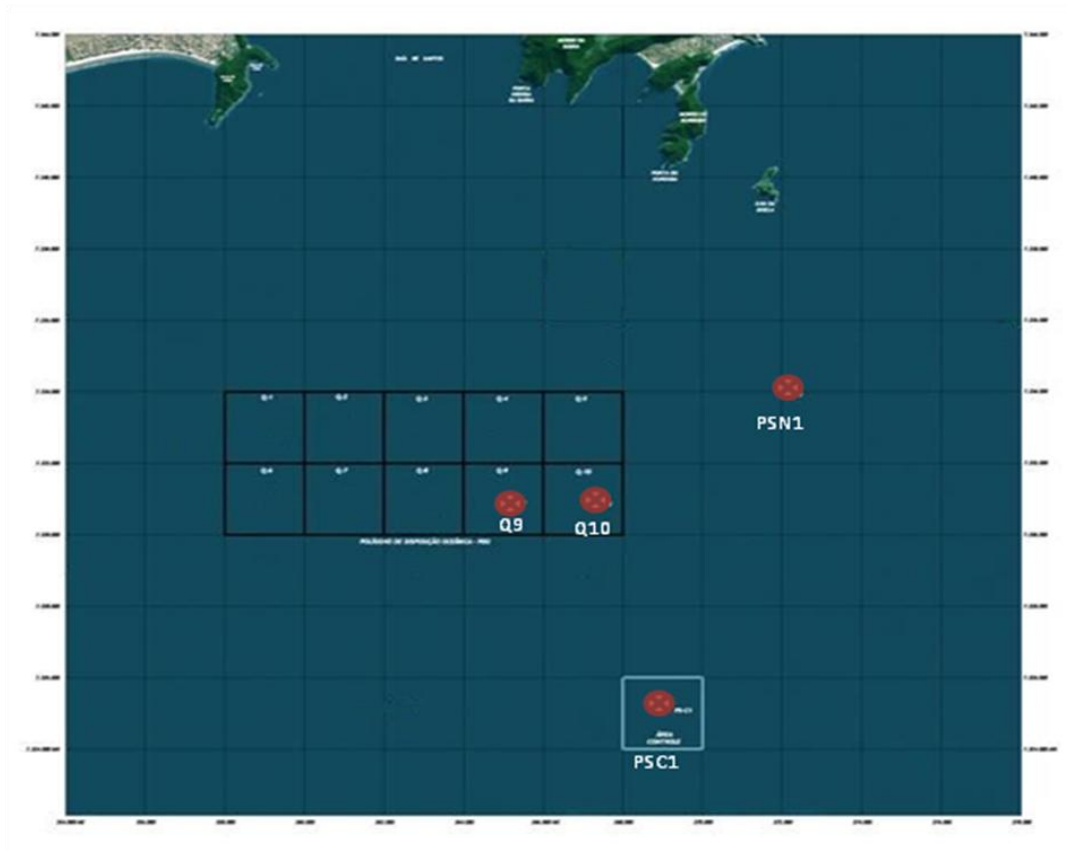


Figura 17.2.1-2. Imagem da região marinha da Baixada Santista, onde pode ser observado o polígono de disposição dos sedimentos dragados, com indicação das áreas monitoradas.

Tabela 17.2.1-1. Posição geográfica dos pontos de coleta. Projeção UTM. Datum horizontal: SAD 69.

PS-Q9	Leste (E)	Norte (N)	Fuso	PS-Q10	Leste (E)	Norte (N)	Fuso
A	364.552	7.331.369	23 J	A	366.573	7.331.331	23 J
B	364.645	7.330.469	23 J	B	366.744	7.330.452	23 J
C	365.564	7.330.578	23 J	C	367.614	7.330.603	23 J
D	365.426	7.331.517	23 J	D	367.451	7.331.498	23 J

PS-N1	Leste (E)	Norte (N)	Fuso	PS-C1	Leste (E)	Norte (N)	Fuso
A	371.522	7.334.381	Fuso	A	368.674	7.325.527	23 J
B	371.656	7.333.593	23 J	B	368.802	7.324.695	23 J
C	372.589	7.333.698	23 J	C	369.709	7.324.833	23 J
D	372.455	7.334.559	23 J	D	369.633	7.325.650	23 J

As coletas para análises de mercúrio e ensaios ecotoxicológicos são realizadas semanalmente, sendo iniciadas cerca de 7 dias após início da dragagem no Trecho 4.

Os ensaios ecotoxicológicos apresentam periodicidade semanal durante o primeiro mês de dragagem. A frequência amostral para estes ensaios será reavaliada a partir dos resultados obtidos ao longo do primeiro mês de monitoramento intensivo.

### **17.2.2. Análises**

#### **Mercúrio**

Mercúrio total analisado em laboratório acreditado na norma NBR ISO/IEC 17025:2005, seguindo o método SW 846 USEPA-7471B (preparação e análise), conforme vem sendo conduzido no monitoramento implantado.

A técnica analítica empregada para análise de mercúrio nos sedimentos apresenta excelente detectabilidade, sendo possível a quantificação deste elemento em nível de  $\mu\text{g/Kg}$  (ppb – parte por bilhão). Os resultados obtidos são, portanto, expressos nesta unidade, estando à incerteza de medição associada ao terceiro algarismo significativo. No entanto, para facilitar ao usuário a comparação do resultado obtido com o CONAMA 344/04, que está expresso em  $\text{mg/kg}$  (ppm – parte por milhão), o laboratório converte o resultado obtido para esta unidade, gerando um resultado com quatro casas decimais.

#### **Ensaio Ecotoxicológicos**

- **Sedimento Total**

Os ensaios ecotoxicológicos são realizados conforme metodologia padronizada na norma ABNT/NBR-15638, utilizando anfípodos da espécie *Leptocheirus plumulosos*.

O ensaio com *L. plumulosos* é um método internacionalmente aplicado na

avaliação ecotoxicológica de sedimentos marinhos, e vem sendo utilizado no monitoramento mensal da área de disposição.

O teste consiste na exposição de anfípodos adultos (excluindo-se fêmeas ovadas e animais apresentando aparência ou movimentação alterada) às amostras de sedimento, durante 10 dias.

Aproximadamente 24 horas antes do início do experimento, as amostras de sedimento são homogeneizadas e, para cada amostra são preparadas réplicas, em frascos de polietileno de alta densidade. Em cada frasco são introduzidos 10 anfípodos sadios. Todas as amostras recebem aeração e iluminação constantes e temperatura controlada ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ), em sala climatizada.

Ao final do período de exposição (10 dias), o número de indivíduos vivos e mortos de todas as réplicas é contado. Os resultados das amostras são comparados estatisticamente com a amostra controle, para detecção de diferenças significativas e determinação das amostras tóxicas.

São realizados teste de normalidade de Chi-Quadrado, teste-F para homogeneidade de variância e teste de hipótese por bioequivalência.

- **Elutriato**

Os ensaios ecotoxicológicos são realizados conforme metodologia padronizada na norma ABNT/NBR-1535, utilizando larvas de ouriço da espécie *Lytechinus variegatus*.

Elutriato é definido como um processo de homogeneização entre um certo volume de sedimento e um volume de diluente por um determinado período de tempo. Após esta homogeneização, a solução sedimento + água decanta e posteriormente é separado o sobrenadante para realização dos testes de toxicidade.

Para isso, uma alíquota de 150 g de sedimento de cada amostra é homogeneizada por 30 minutos com 600 ml de água de diluição marinha filtrada, utilizando agitador. Após agitação, as amostras permanecem em repouso por 24

h, e posteriormente, são sifonados 10 ml do sobrenadante e adicionados a cada réplica do teste, conforme (ABNT NBR 15350, 2006; USEPA, 2001).

A metodologia do ensaio segue a NBR 15350 (2006). Ouriços-do-mar adultos da espécie *Lytechinus variegatus*, podem ser coletados por meio de mergulho livre, em vários trechos do litoral brasileiro.

Machos e fêmeas adultos de ouriço do mar (mínimo três de cada sexo) são estimulados para a liberação de gametas. Os gametas são coletados separadamente e os óvulos, caracterizados pela coloração amarelo alaranjado, são coletados utilizando-se de um béquer de 400 ml, contendo água de diluição marinha. Uma subamostra dos óvulos de cada fêmea é observada ao microscópio, a fim de confirmar seu formato e tamanho, os quais devem ser redondos, lisos e de tamanho homogêneo. Após a sedimentação dos óvulos, é descartado o sobrenadante e filtrado através de malha de 350 µm e acrescentada água marinha filtrada, elevando assim, o volume para 600 ml - este processo de lavagem dos óvulos é repetido por três vezes. Os espermatozóides, de coloração branca, são coletados diretamente dos gonoporos, utilizando uma micropipeta e depois mantidos em um béquer armazenado em um recipiente com gelo até o momento da fertilização. Uma solução de esperma é preparada utilizando 1 a 2 ml de espermatozóide e 25 ml de água de diluição marinha, homogeneizando-se bem para dissolução dos grumos.

Para a fecundação são acrescentados 1 a 2 ml da solução de espermatozóides ao recipiente contendo os óvulos, sempre mantendo uma leve agitação. Após 10 minutos, são tomadas três subamostras de 1 ml para contagem de ovos, com o auxílio de câmara de Sedgwick-Rafter. Calculada a média entre as três subamostras, é então estimado o volume da solução que contivesse 300 ovos. Este volume é acrescentado aos recipientes teste utilizando-se uma pipeta automática, não ultrapassando 1% do volume da solução teste.

A exposição é conduzida em tubos de ensaio de 15 ml, onde para cada amostra são montadas 4 réplicas. Os experimentos são mantidos em câmara incubadora sob temperatura constante de  $25 \pm 2$  °C e fotoperíodo de 12h/12h. Após 24 h, os experimentos são finalizados e os embriões fixados pela adição de 0,5 ml de formaldeído tamponado com borax aos frascos teste.

Após a fixação, procede-se a leitura do estágio de desenvolvimento dos 100 primeiros organismos de cada replica, onde é avaliado o desenvolvimento normal das larvas até o estágio *equinopluteus*. É anotado o número de larvas normais bem como o número de larvas mal formadas ou com desenvolvimento anômalo.

Os resultados dos testes são submetidos ao método de análises de variância (ANOVA) de uma via, empregando os métodos *Dunnnett's test* para comparar os pontos amostrados com o ponto de referência e *T-Student* para comparações pareadas independentes dos pontos em relação ao controle. Antes da aplicação, os dados são submetidos à avaliação de normalidade pelo método Chi-quadrado e homogeneidade de variâncias pelo método *Bartlett's test*.

### **17.3. Atividades desenvolvidas**

Neste relatório são apresentadas as atividades referentes ao presente programa de monitoramento, desenvolvidas no período de 20 a 26 de abril de 2011.

Até o presente momento foram realizadas 6 campanhas, sendo uma prévia ao início da dragagem nas áreas AL1 e AL2 e outras 5 nas semanas seguintes ao início da dragagem no trecho em questão.

As campanhas foram realizadas nos dias:

- 1) Campanha Prévia - 03 de fevereiro de 2011;
- 2) Campanha I - 24 de março de 2011;
- 3) Campanha II - 1º de abril de 2011;
- 4) Campanha III - 07 de abril de 2011;
- 5) Campanha IV - 12 de abril de 2011 e
- 6) Campanha V - 18 de abril de 2011.

Em todas as campanhas foram coletadas amostras para realização de todas as análises propostas.

O presente relatório consolida os resultados das análises de mercúrio e dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato das cinco primeiras campanhas (Campanha Prévia, Campanha I, Campanha II, Campanha III e Campanha IV) e do ensaio ecotoxicológico no sedimento total de uma campanha (Campanha Prévia). Os demais resultados ainda não foram liberados pelos laboratórios, estando dentro do período regular de análise.

A Tabela 17.3-1 identifica a situação de entrega dos resultados das análises, assim como em que relatório de acompanhamento dos períodos de referência podem ser encontrados.

Tabela 17.3-1. Quadro de situação de entrega dos resultados das análises e relatórios de acompanhamento.

Campanha	Período de Dragagem	Áreas Dragadas no trecho 4*	Quadrículas utilizada para despejo**	Data da Coleta	Laudos	Situação dos laudos	Relatório
Prévia	Período anterior ao início da dragagem do trecho contaminado	-	-	03/02/2011	Mercúrio	entregue	1
					Ecotoxicologia (Elutriato)	entregue	
					Ecotoxicologia (Sedimento total)	entregue	3
I	16 a 22/03/11	4A, 4B e 4C	Q3, Q5 e Q9	24/03/2011	Mercúrio	entregue	1
					Ecotoxicologia (Elutriato)	entregue	-
					Ecotoxicologia (Sedimento total)	em análise pelo laboratório	-
					Mercúrio	entregue	2
II	23 a 29/03/11	4A, 4B e 4C	Q3, Q5, Q9 e Q10	01/04/2011	Ecotoxicologia (Elutriato)	entregue	
					Ecotoxicologia (Sedimento total)	em análise pelo laboratório	-
III	30 a 05/04/11	4A, 4B e 4C	Q3, Q5 e Q10	07/04/2011	Mercúrio	entregue	3
					Ecotoxicologia (Elutriato)	entregue	4
					Ecotoxicologia (Sedimento total)	em análise pelo laboratório	-
IV	06 a 12/04/11	4A e 4C	Q3 e Q5	12/04/2011	Mercúrio	entregue	4
					Ecotoxicologia (Elutriato)	entregue	4
					Ecotoxicologia (Sedimento total)	em análise pelo laboratório	-
					Mercúrio	em análise pelo laboratório	-
V	13 a 19/04/11	4B e 4C	Q3, Q5 e Q10	18/04/2011	Ecotoxicologia (Elutriato)	em análise pelo laboratório	
					Ecotoxicologia (Sedimento total)	em análise pelo laboratório	
VI	20 a 26/04/11	-	Q5 e Q10	28/4/2011***	Mercúrio	-	-
					Ecotoxicologia (Elutriato)	-	
					Ecotoxicologia (Sedimento total)	-	

\* Informação obtida das planilhas dos fiscais embarcados nas dragas

\*\* Informação obtida a partir das planilhas da autotraca

\*\*\* Previsão de coleta



#### 17.4. Resultados

A seguir são apresentados os resultados analíticos e dos ensaios ecotoxicológicos das amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 para as campanhas realizadas até o momento.

Para a **Campanha Prévia** são apresentados os resultados das análises químicas de mercúrio e dos ensaios ecotoxicológicos tanto no elutriato como no sedimento.

Já para a **Campanha I, II, III e IV** são apresentados os resultados das análises de mercúrio e o ensaio ecotoxicológico no elutriato.

Todos os demais relatórios ainda não foram liberados pelos laboratórios.

O laudo das análises de mercúrio da Campanha IV e o laudo dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato das Campanhas III e IV encontram-se no Anexo 17.8-1, 17.8-2 e 17.8-3, respectivamente.

No 1º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram apresentados os laudos das análises de mercúrio e ecotoxicológica no elutriato da Campanha Prévia e da Campanha I. No 2º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram apresentados os laudos das análises de mercúrio e ecotoxicológica no elutriato da Campanha II. No 3º Relatório do Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Canal do Porto de Santos foram apresentados os laudos das análises de mercúrio da Campanha III e ecotoxicológica no sedimento total da Campanha Prévia.

Para discussão dos resultados obtidos na análise de mercúrio foram utilizados os valores estabelecidos pela Resolução Conama nº 344 (Brasil, 2004), a qual estabelece níveis de classificação do material a ser dragado em águas salinas/salobras e valores orientadores para alguns compostos presentes no sedimento. Esta legislação apresenta duas concentrações-limite, sendo a primeira o limiar abaixo do qual existe baixa probabilidade de ocorrer efeitos adverso à biota (Nível 1) e a segunda, cuja o limiar acima é provável que ocorram efeitos negativos à biota (Nível 2). A classificação dos sedimentos na faixa entre estes

dois níveis é indicativo de que já existe a probabilidade de ocorrência de efeitos adversos sobre os organismos.

Assim, adicionalmente aos resultados apresentados, encontram-se detalhados os níveis 1 e 2 de classificação daquela Resolução. Analisando os laudos referentes às análises químicas de mercúrio e aos ensaios ecotoxicológicos constatamos que todos os limites de quantificação do método são inferiores aos padrões de classificação da Resolução Conama nº 344/04.

#### 17.4.1 Análise Química – Mercúrio Total

Os resultados das análises de mercúrio total nas amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1, das Campanhas Prévia, I, II, III e IV, estão apresentados na Tabela 17.4.1-1. As concentrações de mercúrio analisados no sedimento registraram concentrações abaixo do limite de quantificação (<LQ) em todas as amostras (Figura 17.4.1-1).

A validação das medidas de mercúrio foi feita através da análise de sedimento de referência, cujos resultados indicaram que a porcentagem de recuperação atenderam ao critério de aceitação do método analítico. As amostras da Campanha V ainda estão em análise.

Tabela 17.4.1-1. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas nas quadrículas Q-9 e Q-10 (PS-Q9 e PS-Q10), no ponto a nordeste do PDO (PS-N1) e na área a ser controlada (PS-C1).

Mercúrio Total							
Campanha	Unidade	Resolução		PS-Q9	PS-Q10	PS-N1	PS-C1
		Nível 1	Nível 2				
Prévia	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0617	< 0,0613	< 0,0609	< 0,0619
Campanha I	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0446	< 0,0374	< 0,0429	< 0,0375
Campanha II	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0677	< 0,0867	< 0,0616	< 0,0775
Campanha III	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0434	< 0,0494	< 0,0489	< 0,0437
Campanha IV	mg/Kg	0,15	0,71	< 0,0384	< 0,0424	< 0,0392	< 0,0390

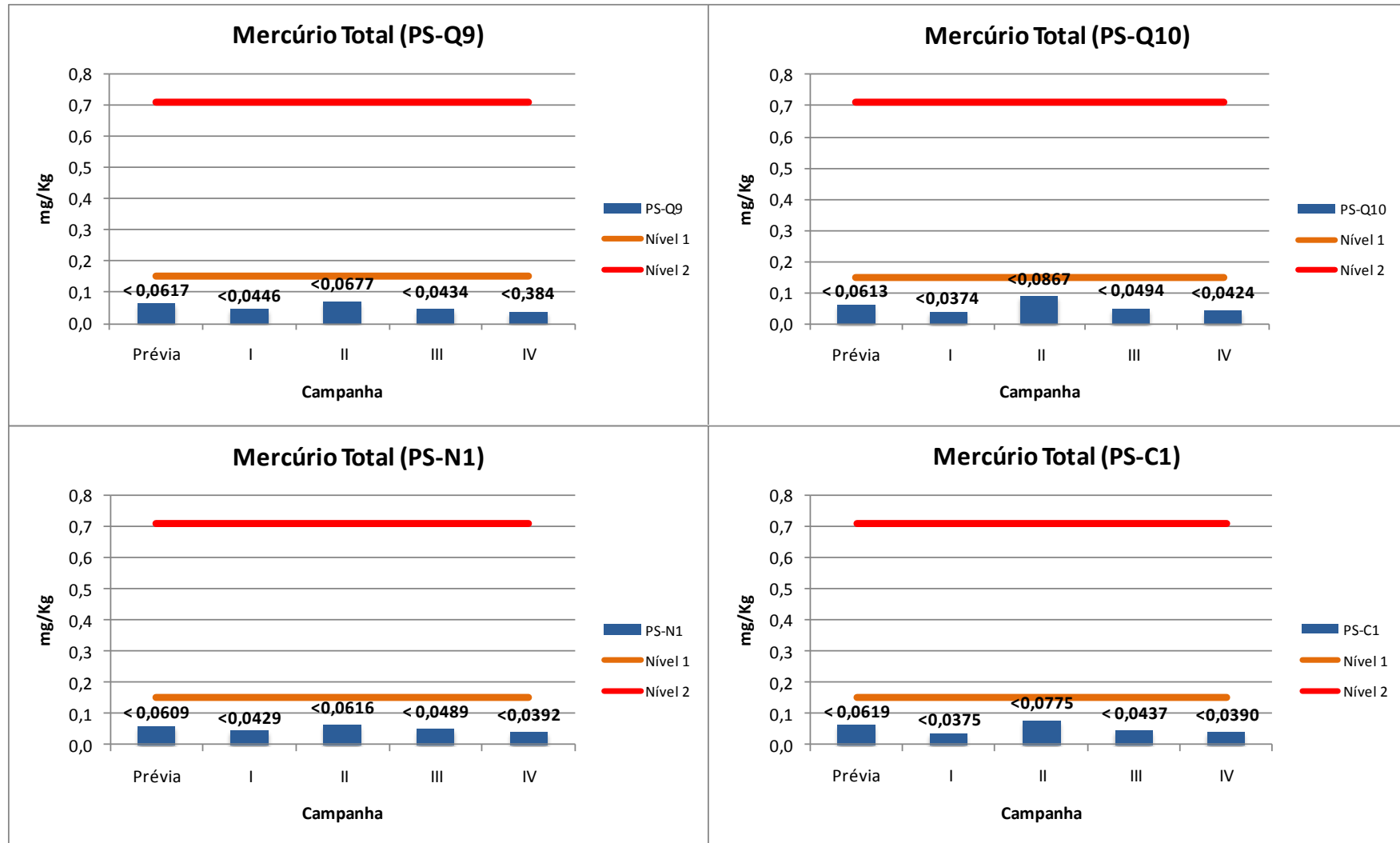


Figura 17.4.1-1. Concentração de mercúrio nas amostras de sedimentos coletadas nas quadriculas Q-9 e Q-10 (PS-Q9 e PS-Q10), no ponto a nordeste do PDO (PS-N1) e na área a ser controlada (PS-C1), referente às campanhas prévia, I, II, III e IV.

#### **17.4.2 Ensaio Ecotoxicológicos - Elutriato**

Foram coletadas amostra de sedimento de superfície nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 para as Campanhas Prévia, I, II, III, IV e V. Após a coleta as amostras foram encaminhadas para o laboratório responsável pela análise. As amostras da Campanha V ainda estão em análise.

Foram medidos parâmetros físicos e químicos na fração aquosa, no início e final do teste de toxicidade crônica, como temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, salinidade (‰) amônia ( $\text{NH}_4^+$  mg/L) e amônia não ionizada ( $\text{NH}_3$  - mg/L). Na Tabela 17.4.2-1 são apresentados os parâmetros físicos e químicos medidos nas Campanhas Prévia, I, II, III e IV. A Tabela 17.4.2-2 apresenta os resultados do teste de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus* para as Campanhas Prévia, I, II, III e IV. Na Figura 17.4.2-1 são apresentados as médias, com seus respectivos desvios-padrões, do número de larvas normais encontradas para cada uma das réplicas do ensaio ecotoxicológico.

Tabela 17.4.2-1. Análises físico-químicas (iniciais e finais) da fração aquosa realizadas nos testes de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus*.

Campanha	Amostra	Análises Físico-Químicas	Análises					
			T °C	O.D (mg/L)	pH	Salinidade	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NH <sub>3</sub> (mg/L)
Prévia	Controle	Inicial	25	5,4	7,78	35	n.a	n.a
		Final	25	5,0	7,83	36	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	4,8	7,64	36	0,14	0,030
		Final	25	4,1	7,60	36	n.a	n.a
	PS-Q10	Inicial	25	4,6	7,63	36	0,56	0,010
		Final	25	4,1	7,62	35	n.a	n.a
	PS-N1	Inicial	25	4,3	7,71	36	0,14	0,003
		Final	25	4,1	7,65	35	n.a	n.a
	PS-C1	Inicial	25	4,6	7,58	36	0,77	0,010
		Final	25	4,2	7,64	36	n.a	n.a
Campanha I	Controle	Inicial	25	5,4	7,41	33	n.d	n.d
		Final	25	5,4	7,76	32	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	5,3	7,71	32	0,91	0,010
		Final	25	5,3	7,72	31	n.a	n.a
	PS-Q10	Inicial	25	5,4	7,50	32	1,89	0,028
		Final	25	5,4	7,75	32	n.a	n.a
	PS-N1	Inicial	25	5,4	7,41	33	1,47	0,020
		Final	25	5,4	7,78	31	n.a	n.a
	PS-C1	Inicial	25	5,5	7,48	33	1,82	0,026
		Final	25	5,5	7,70	32	n.a	n.a
Campanha II	Controle	Inicial	25	4,3	7,41	33	n.d	n.d
		Final	25	4,1	7,76	33	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	4,6	7,66	33	0,98	0,020
		Final	25	4,4	7,74	33	n.a	n.a
	PS-Q10	Inicial	25	4,4	7,56	33	0,84	0,014
		Final	25	4,4	7,71	33	n.a	n.a
	PS-N1	Inicial	25	4,6	7,60	33	0,77	0,010
		Final	25	4,5	7,73	33	n.a	n.a
	PS-C1	Inicial	25	4,6	7,56	33	2,45	0,041
		Final	25	4,4	7,54	33	n.a	n.a
Campanha III	Controle	Inicial	25	7,4	7,92	33	n.d	n.d
		Final	25	7,0	7,37	33	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	6,9	7,86	34	0,42	0,010
		Final	25	6,8	7,64	34	n.a	n.a
	PS-Q10	Inicial	25	6,9	7,85	34	0,21	0,010
		Final	25	6,5	7,76	34	n.a	n.a
	PS-N1	Inicial	25	6,7	7,82	33	0,77	0,020
		Final	25	5,5	7,68	33	n.a	n.a
	PS-C1	Inicial	25	6,9	7,72	33	1,12	0,030
		Final	25	6,6	7,72	33	n.a	n.a
Campanha IV	Controle	Inicial	25	6,6	7,86	31	n.d	n.d
		Final	25	6,9	7,37	30	n.a	n.a
	PS-Q9	Inicial	25	6,9	7,93	32	0,35	0,014
		Final	25	5,3	7,69	32	n.a	n.a
	PS-Q10	Inicial	25	6,8	7,89	32	0,28	0,010
		Final	25	5,2	7,57	31	n.a	n.a
	PS-N1	Inicial	25	6,8	7,90	31	0,28	0,010
		Final	25	6,1	7,63	31	n.a	n.a
	PS-C1	Inicial	25	6,9	7,82	32	0,35	0,010
		Final	25	5,9	7,61	32	n.a	n.a

\*na: não analisado e nd: não detectado.

Tabela 17.4.2-2. Efeito tóxico observado nos testes de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus* para as amostras coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	Nº de larvas normais por réplica				Média	Desvio Padrão	Resultado
		R1	R2	R3	R4			
Prévia	Controle	91	87	89	92	89,75	2,22	-
	PS-Q9	75	87	88	78	82,00	6,48	Não Tóxico
	PS-Q10	82	88	90	49	77,25	19,14	Não Tóxico
	PS-N1	78	75	76	73	75,50	2,08	Tóxico
	PS-C1	85	78	76	89	82,00	6,06	Não Tóxico
Campanha I	Controle	89	81	87	92	87,25	4,65	-
	PS-Q9	81	87	87	89	86,00	3,46	Não Tóxico
	PS-Q10	86	89	83	84	85,50	2,65	Não Tóxico
	PS-N1	80	88	83	82	83,25	3,40	Não Tóxico
	PS-C1	82	88	76	85	82,75	5,12	Não Tóxico
Campanha II	Controle	91	90	82	92	88,75	4,57	-
	PS-Q9	73	85	75	83	79,00	5,89	Não Tóxico
	PS-Q10	85	81	80	87	83,25	3,30	Não Tóxico
	PS-N1	85	89	80	80	83,50	4,36	Não Tóxico
	PS-C1	86	74	77	75	78,00	5,48	Não Tóxico
Campanha III	Controle	90	87	85	87	87,25	2,06	-
	PS-Q9	86	86	82	83	84,25	2,06	Não Tóxico
	PS-Q10	88	78	89	80	83,75	5,56	Não Tóxico
	PS-N1	81	86	70	75	78,00	6,98	Não Tóxico
	PS-C1	81	77	78	74	77,50	2,89	Não Tóxico
Campanha IV	Controle	88	91	90	90	89,75	1,26	-
	PS-Q9	73	80	83	85	80,25	5,25	Não Tóxico
	PS-Q10	89	85	78	81	83,25	4,79	Não Tóxico
	PS-N1	74	77	78	70	74,75	3,59	Tóxico
	PS-C1	68	75	77	77	74,25	4,27	Tóxico

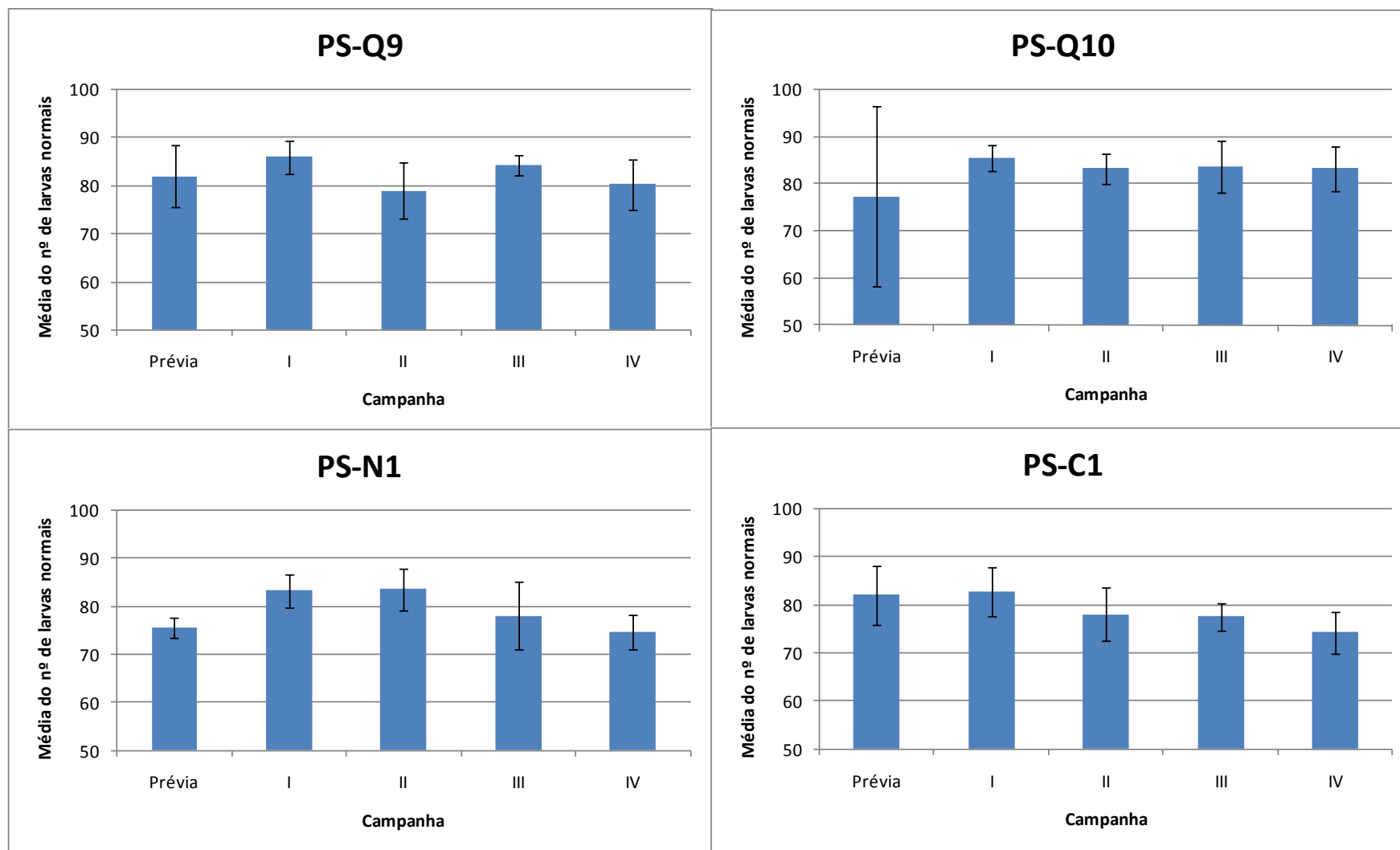


Figura 17.4.2-1. Médias, com seus respectivos desvios-padrões, do número de larvas (*Lytechinus variegatus*) normais encontradas para cada uma das réplicas do ensaio ecotoxicológico das Campanhas Prévía, I, II, III e IV.

- Campanha Prévia

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que não se observou efeito ecotoxicológico para as amostras dos pontos PS-Q9, PS-Q10 e PS-C1, enquanto que a amostra de sedimento do ponto PS-N1, nesta campanha prévia, apresentou toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* em comparação com o controle de laboratório. Não há aparente explicação para tal resultado, onde, de todo modo, as diferenças de sobrevivência em relação ao controle foram pequenas, indicando baixo efeito. Vale lembrar que tal campanha de coleta foi realizada anteriormente ao início da dragagem do trecho a ser monitorado.

A sensibilidade dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ). A concentração letal mediana ( $CL_{50}$ ; 24h) obtido foi: 0,19 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,06 – 0,22 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

A concentração recomendada de amônia não ionizada limite, no início do teste é de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). Todas as amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

- Campanha I

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi verificado toxicidade crônica para nenhuma das amostras avaliadas, para *L. variegatus* em comparação com o controle.

A sensibilidade dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ). A concentração letal mediana ( $CL_{50}$ ; 24h) obtido foi: 0,18 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

A concentração recomendada de amônia não ionizada limite, no início do teste é de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). Todas as amostras analisadas estiveram dentro deste limite.



- Campanha II

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, não foi verificado toxicidade crônica para nenhuma amostra testada.

A sensibilidade dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ). A concentração letal mediana ( $CL_{50}$ ; 24h) obtido foi: 0,18 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

A concentração recomendada de amônia não ionizada limite, no início do teste é de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). Todas as amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

- Campanha III

De acordo com o tratamento estatístico aplicado aos dados obtidos, não foi verificado toxicidade crônica para *L. variegatus* em nenhuma amostra testada, quando em comparação com o controle.

A sensibilidade dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ). A concentração letal mediana ( $CL_{50}$ ; 24h) obtido foi: 0,18 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

A concentração recomendada de amônia não ionizada limite, no início do teste é de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). Todas as amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

- Campanha IV

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que as amostras de sedimento dos pontos onde os sedimentos estão sendo descartados, ou seja, PS-Q9 e PS-Q10, não apresentaram toxicidade. Entretanto, os pontos PS-N1 e PS-C1, na campanha IV, apresentaram efeito em comparação com o

controle de laboratório. Não há aparente explicação para tal resultado, visto que as análises de mercúrio realizadas nessas amostras apresentaram valores abaixo do limite de quantificação. As diferenças de sobrevivência médias dessas amostras em relação ao controle, considerando os desvios-padrão foram muito pequenas, indicando, se de fato puder se considerada a toxicidade, que está é de mínimo efeito.

A sensibilidade dos indivíduos de *Lytechinus variegatus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ). A concentração letal mediana ( $CL_{50}$ ; 24h) obtido foi: 0,18 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa aceitável (0,05 – 0,21 mg/L  $ZnSO_4$ ) conforme carta controle.

A concentração recomendada de amônia não ionizada limite, no início do teste é de 0,05 mg/L para a espécie de ouriço-do-mar *Lytechinus variegatus* (Prósperi, 2002). Todas as amostras analisadas estiveram dentro deste limite.

#### **17.4.3. Ensaios Ecotoxicológicos – Sedimento Total**

Foram coletadas amostra de sedimento de superfície nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 para as Campanhas Prévia, I, II, III, IV e V. Após a coleta as amostras foram encaminhadas para o laboratório responsável pela análise. As amostras das Campanhas I, II, III, IV e V ainda estão em análise.

Os parâmetros físicos e químicos medidos na água de interface no início e final do teste de toxicidade aguda, como pH, salinidade (‰) e oxigênio dissolvido (mg/L), estão apresentados na Tabela 17.4.3-1. Já as análises de pH, salinidade (‰), oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (°C), nitrogênio amoniacal (mg/L) e amônia não ionizada ( $NH_3$  - mg/L), efetuadas na água intersticial dos sedimentos no início e final do teste, estão apresentados na Tabela 17.4.3-2.

Considerando que o organismo utilizado no experimento fica exposto tanto à água intersticial quanto a de interface sedimento-água são apresentados os valores dos descritores físico-químicos interferentes no ensaio para esses dois meios.

Tabela 17.4.3-1. Análises físico-químicas (iniciais e finais) da água de interface realizadas nos testes de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* para as amostras de sedimentos de superfície coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	pH		Salinidade (‰)		Oxigênio Dissolvido (mg/L)	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Prévia	Controle	7,88	7,97	21	21	5,85	6,1
	PS-Q9	7,93	8,16	21	23	5,33	5,77
	PS-Q10	7,93	8,19	21	24	5,43	5,8
	PS-N1	7,93	8,09	21	23	5,09	5,75
	PS-C1	7,72	8,15	21	23	4,17	5,82

Tabela 17.4.3-2. Análises físico-químicas efetuadas na água intersticial dos sedimentos no início e final dos testes de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* para as amostras de sedimentos de superfície coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	pH		Salinidade (‰)		Oxigênio Dissolvido (mg/L)		Temperatura (°C)		Nitrogênio Amoniacal (mg/L)		Amônia não ionizada (mg/L)	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Prévia	Controle	7,84	7,85	23	21	5,73	5,45	24,2	24,0	1,50	-	0,048	-
	PS-Q9	*	8,02	*	23	*	5,55	24,2	24,0	*	-	*	-
	PS-Q10	*	7,97	*	25	*	5,15	24,2	24,0	*	-	*	-
	PS-N1	*	8,03	*	24	*	5,33	24,2	24,0	*	-	*	-
	PS-C1	*	8,06	*	30	*	5,38	24,2	24,0	*	-	*	-

\* Não foi obtida água intersticial suficiente para a leitura dos parâmetros físico-químicos, após a centrifugação do sedimento.

A Tabela 17.4.3-3 apresenta os resultados do teste de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* nas amostras de superfície nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 para a Campanha Prévia. Os valores obtidos até o momento estão dentro da faixa estabelecida para a aceitação dos resultados.

Paralelamente aos testes com as amostras coletadas foi realizado um controle laboratorial. Os resultados obtidos para esse controle também se encontram nas tabelas a seguir.

Tabela 17.4.3-3. Efeito tóxico observado nos testes de toxicidade aguda com *Leptocheirus plumulosus* para as amostras de sedimento amostras de sedimento coletadas nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1.

Campanha	Amostra	Réplica	Nº de animais por Réplica		Média do nº de animais mortos	Desvio padrão	Mortalidade Total (%)	Resultado
			Mortos	Total				
Prévia	Controle	1	1	20	0,67	0,58	3	-
		2	0	20				
		3	1	20				
	PS-Q9	1	3	20	4,33	2,31	22	Não Tóxico
		2	3	20				
		3	7	20				
	PS-Q10	1	0	20	6,67	6,51	33	Não Tóxico
		2	13	20				
		3	7	20				
	PS-N1	1	12	20	8,33	3,21	42	Não Tóxico
		2	7	20				
		3	6	20				
	PS-C1	1	8	20	5,67	2,08	28	Não Tóxico
		2	5	20				
		3	4	20				

- Campanha Prévia

De acordo com o tratamento estatístico aplicado, foi verificado que as amostras de sedimento de superfície nos pontos PS-Q9, PS-Q10, PS-N1 e PS-C1 para a Campanha Prévia não apresentaram toxicidade aguda para *Leptocheirus plumulosus*, em comparação com o controle, após 10 dias de exposição.

A sensibilidade dos indivíduos de *Leptocheirus plumulosus* utilizados no teste com sedimento foi estimada através do teste com substância de referência – Sulfato de Zinco (ZnSO<sub>4</sub>). A concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>; 96h) obtido foi: 0,75 mg Zn/L (I.C.: 0,56 a 1,01 mg Zn/L). A carta-controle de sensibilidade desse sistema-teste, utilizando dados acumulados de vários testes, indica uma CL<sub>50</sub>; 96h média de 0,72 mg Zn/L, com limites de controle (média ± 2.desvio padrão) de 0,06 a 1,38 mg Zn/L. O valor obtido está dentro da faixa definida de avaliação do sistema-teste

#### 17.4.4. Variação Espacial

Na Figura 17.4.4-1 são apresentadas as variações espaciais das concentrações de mercúrio e dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato e no sedimento total encontradas nos pontos de coleta durante a Campanha Prévia. Nas figuras 17.4.4-2, 17.4.4-3, 17.4.4-4 e 17.4.4-5 são apresentadas as variações espaciais das concentrações de mercúrio e dos ensaios ecotoxicológicos no elutriato encontradas nos pontos de coleta durante as Campanhas I, II, III e IV, respectivamente.

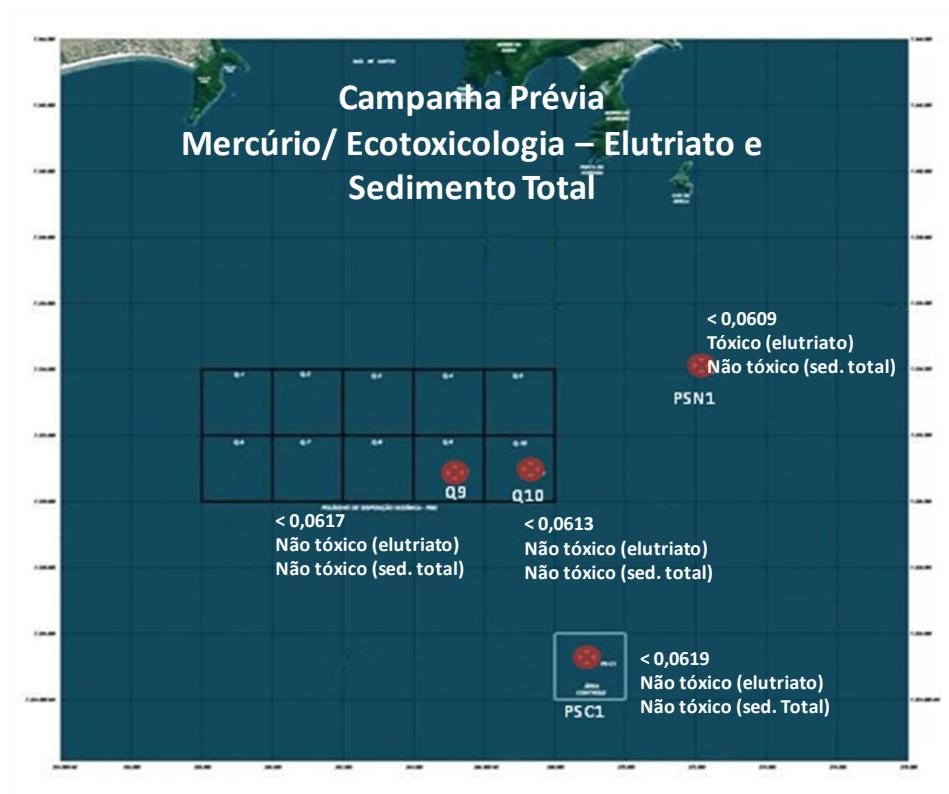


Figura 17.4.4-1. Variação espacial de concentração de mercúrio e ensaio ecotoxicológico no elutriato e no sedimento total, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha Prévia, realizada no dia 3 de fevereiro de 2011.

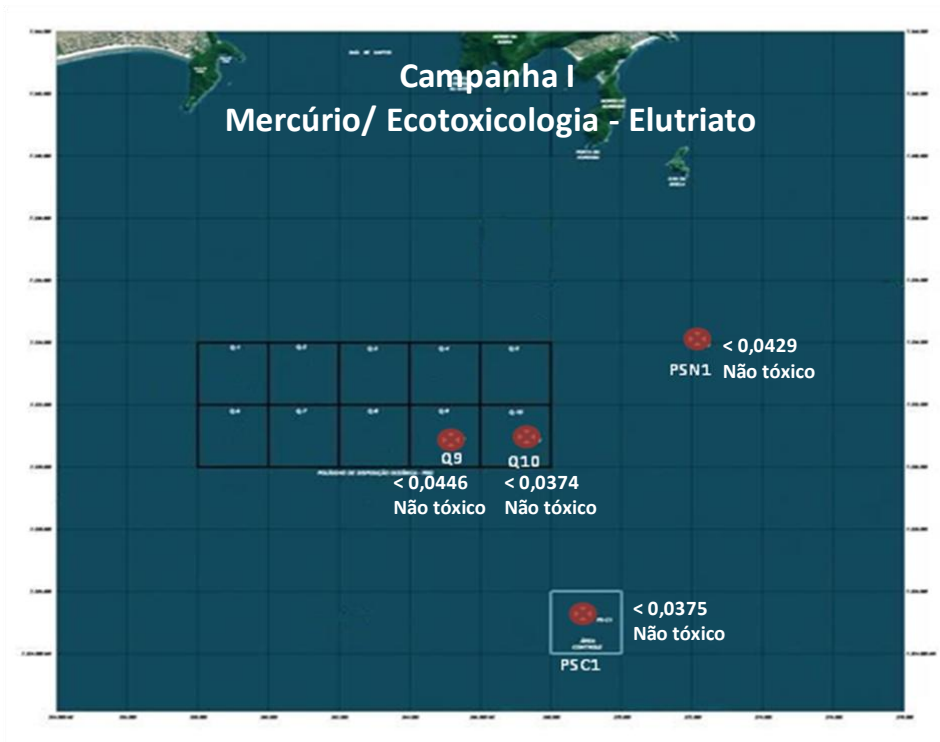


Figura 17.4.4-2. Variação espacial de concentração de mercúrio e ensaio ecotoxicológico no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha I, realizada no dia 24 de março de 2011.

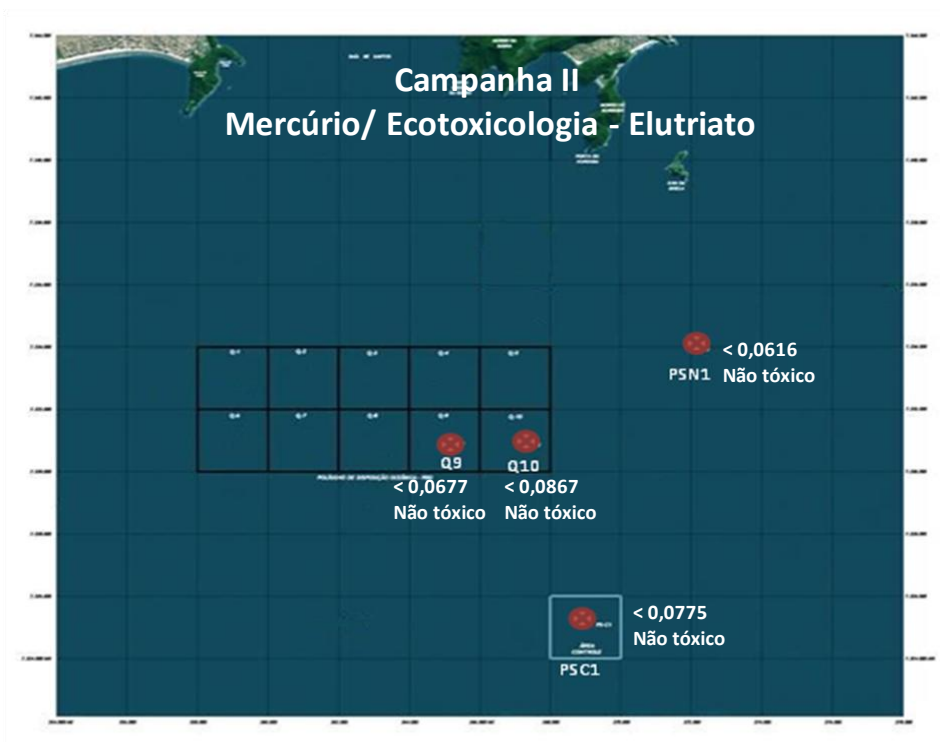


Figura 17.4.4-3. Variação espacial de concentração de mercúrio e ensaio ecotoxicológico no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha II, realizada no dia 1º de abril de 2011.

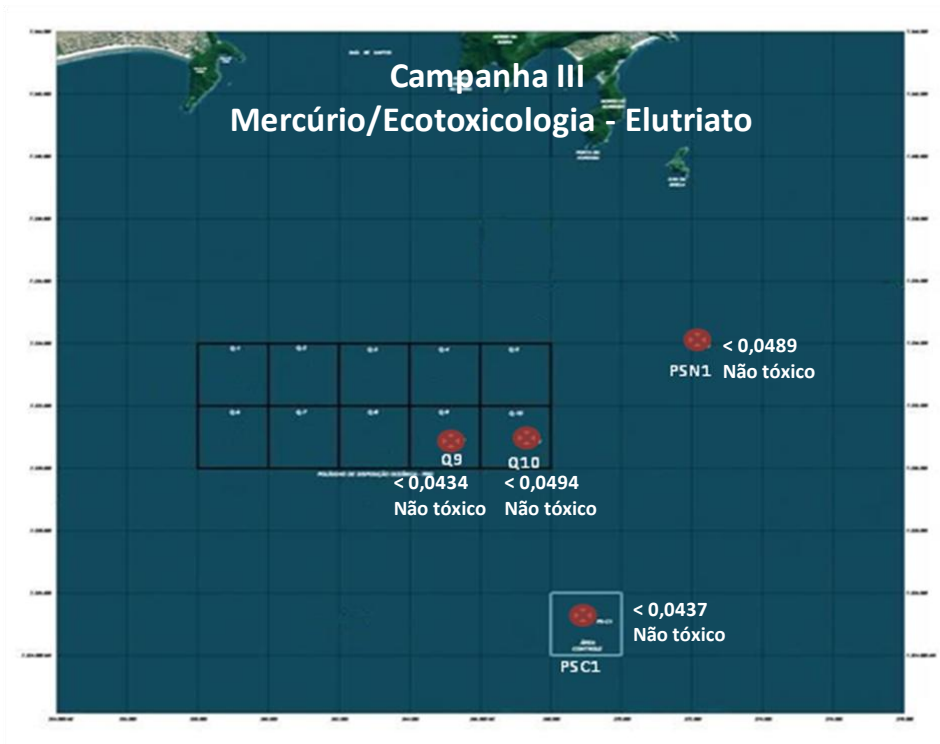


Figura 17.4.4-4. Variação espacial de concentração de mercúrio e ensaio ecotoxicológico no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha III, realizada no dia 7 de abril de 2011.

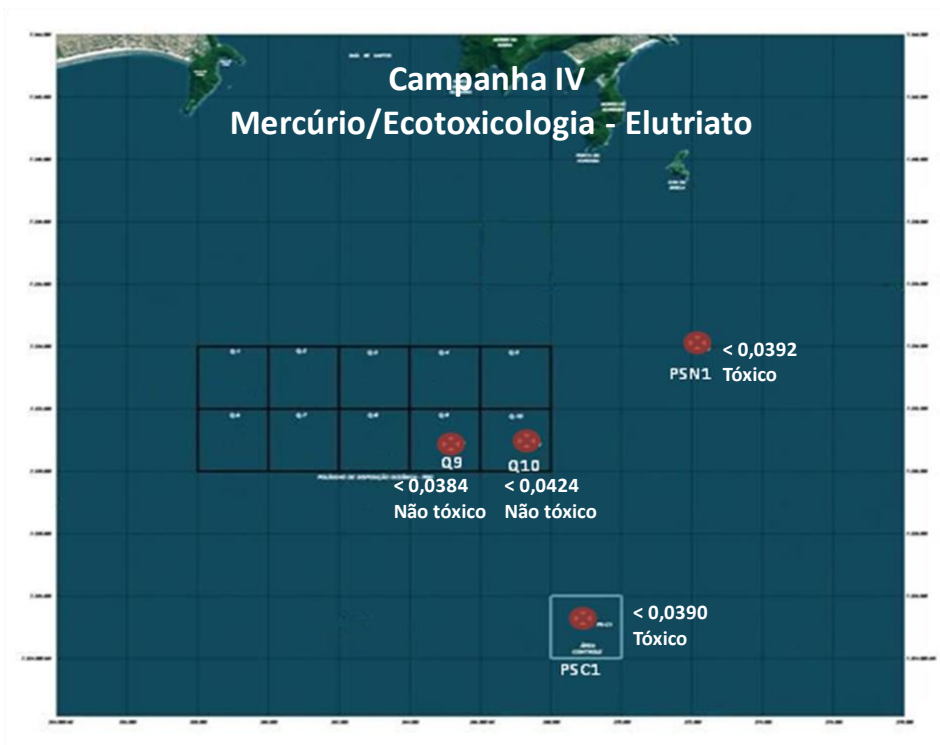


Figura 17.4.4-5. Variação espacial de concentração de mercúrio e ensaio ecotoxicológico no elutriato, coletadas nos pontos Q-9, Q-10, PS-N1 e PS-C1, durante a Campanha IV, realizada no dia 12 de abril de 2011.

## 17.5. Considerações Finais

As atividades realizadas neste período fazem parte das Campanhas Prévia, I, II, III, IV e V para o monitoramento intensivo do setor de uso restrito (quadrículas Q-9 e Q-10) do PDO, além do ponto a nordeste da área do PDO (PS-N1) e da área a ser controlada (PS-C1).

Nas cinco campanhas realizadas as concentrações de mercúrio apresentaram valores abaixo do limite de quantificação do método e, portanto abaixo do nível 1 da Resolução Conama 344/04.

É importante observar que nenhuma amostra coletada nos pontos de lançamento dos sedimentos dragados da área AL 02 (sub-trecho 4B) apresentou efeitos ecotoxicológicos até o presente momento.

Os resultados das análises ecotoxicológicas no elutriato apresentaram toxicidade para *Lytechinus variegatus* no ponto PS-N1 da Campanha Prévia e nos pontos PS-N1 e PS-C1 da Campanha IV. Algumas considerações devem ser tecidas sobre tais resultados.

Nesses pontos de coleta não foram encontradas concentrações significativas de mercúrio, onde nenhum resultado apresentou sequer concentrações quantificáveis.

Os resultados das análises ecotoxicológicas no elutriato para as Campanhas I, II e III não apresentaram toxicidade em nenhuma amostra coletada, onde das 20 amostras avaliadas, somente 3 apresentaram efeito (2 para a área de referência PS-N1 e 1 para a referência PS-C1). Como essa metodologia de ensaio está sendo empregada especialmente para essa etapa do monitoramento, cabe aguardar um número maior de dados para avaliação conjunta da tendência observada. Da mesma forma, vale aguardar, antes da tomada de decisão, a chegada dos resultados dos ensaios com sedimento total, cujos experimentos estão sendo conduzidos com *Leptocheirus plumulosus*, a mesma espécie que vem sendo utilizada no monitoramento mensal da área de disposição, e cuja série de dados vem mostrando consecutivas ausências de efeitos ecotoxicológicos.



As amostras de sedimento coletadas nas Campanhas V foram enviadas para o laboratório responsável e os resultados serão apresentados em relatórios futuros, onde a tendência dos efeitos poderá ser avaliada.

Vale considerar também que o ensaio com elutriato considera uma passagem aguda e significativa de compostos para a amostra que os embriões ficarão expostos, cuja concentração em amostra teste nunca será mantida no ambiente, visto a natural dispersão e redução de concentração motivada pela hidrodinâmica local.

Também é improvável considerar a hipótese de que o transporte de sedimentos pelo fundo possa levar os sedimentos dispostos em Q-9 e Q-10 para as áreas de PS-N1 e PS-C1, de modo a não mais motivar efeitos ecotoxicológicos nos pontos de lançamento e promover efeitos somente nestes dois últimos pontos.

Cabe ainda observar que os valores de desvio padrão das amostras de controle laboratorial foram extremamente pequenos. O teste estatístico empregado considera, para a indicação ou não de toxicidade, a comparação das variâncias do controle laboratorial com as variâncias de cada amostra, indicando haver toxicidade caso haja diferença estatisticamente significativa entre elas. Em casos de significativa homogeneidade das réplicas do controle, implicando em baixas variâncias, como nos casos da Campanha Prévia e da Campanha IV, o critério estatístico para a indicação de efeito é aumentado, levando a um rigor de comparação onde mesmo amostras com resultados extremamente semelhantes sejam considerados diferentes.

Basta, para tanto, observar que a diferença das médias de desenvolvimento normal entre as amostras foram pequenas. Na Campanha Prévia, por exemplo, uma amostra com 77,25% de desenvolvimento normal foi indicada como não apresentando efeitos ecotoxicológicos, enquanto que em outra amostra com desenvolvimento normal médio de 75,5% já foi indicada como diferente do controle, e, portanto, tóxica. Tal artefato estatístico deve ser ponderado à luz de entendimentos ecológicos e de relevância, bem como em consideração conjunta (análise integrada) de fatores, como já questionado por Rachid (2002).

Uma das formas de se evitar que tal rigor estatístico decorrente do tratamento de uma matriz de números supere as decisões pautadas em entendimentos mais completos sobre os organismos, foi a decisão tomada no PARECER CETESB N.º 002/09/TLH/TQA – 22-09-2010, onde o seguinte texto pode ser observado: *“Quanto aos critérios mencionados reforçamos a conveniência de explicitar que, para considerar o ambiente saturado, a “ocorrência de toxicidade” deve ser caracterizada como  $\geq 50\%$  do efeito tóxico medido (mortalidade) para anfípodos no ensaio ecotoxicológico com o sedimento total.”* Tal citação se refere a outra metodologia e ao propósito de considerar o ambiente saturado, todavia, leva claramente ao entendimento de que para caracterização efetiva de efeito ecotoxicológico se deve desconsiderar pequenas variações, considerando com amostras tóxicas aquelas com efeito sobre ao menos a metade dos organismos expostos.

Não pode ser deixado de citar também outra questão metodológica. A norma do ensaio com elutriato prevê a realização de um controle de laboratório somente com água, e não com elutriato. A água utilizada é filtrada em 0,45  $\mu\text{m}$ , oxigenada e coletada em região de boa procedência, tornando-a adequada para controle rígido laboratorial, enquanto que eventuais partículas em suspensão, independentemente de sua qualidade química, pode exercer influência no ensaio, reduzindo a taxa de desenvolvimento normal dos embriões. Esse caráter certamente traz interferência aos resultados, uma vez que é de consenso que ovos e embriões de ouriço são especialmente sensíveis a partículas presentes na amostra, independente de sua qualidade química. Ou seja, a diferença observada entre as amostras e o controle de laboratório pode estar associada a mais um interferente que não a eventual contaminação da amostra, visto que o rigos para a indicação de efeito ecotoxicológico é elevado. Em Rachid (2002) também foram conduzidas com sedimentos de referência para que as comparações realizadas pelo teste estatístico contemplassem tal interferente.

As tabelas que seguem (Tabela 17.5-1 e 17.5-2) além das figuras 17.5-1 e 17.5-2 mostram novos tratamentos estatísticos aplicados sobre os resultados obtidos nos ensaios com as amostras dos pontos que apresentaram efeitos, ou seja, PS-N1 e PS-C1.

Tabela 17.5.1 – Resultados de Testes t-Student com os dados das réplicas da amostra PS-N1 para as 5 campanhas realizadas.

Teste t-Student					
PS-N1	Prévia	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
<b>Prévia</b>		0,008122	0,016158	0,517857	0,730358
<b>Campanha 1</b>			0,930902	0,224892	0,013894
<b>Campanha 2</b>				0,229610	0,021180
<b>Campanha 3</b>					0,439204
<b>Campanha 4</b>					

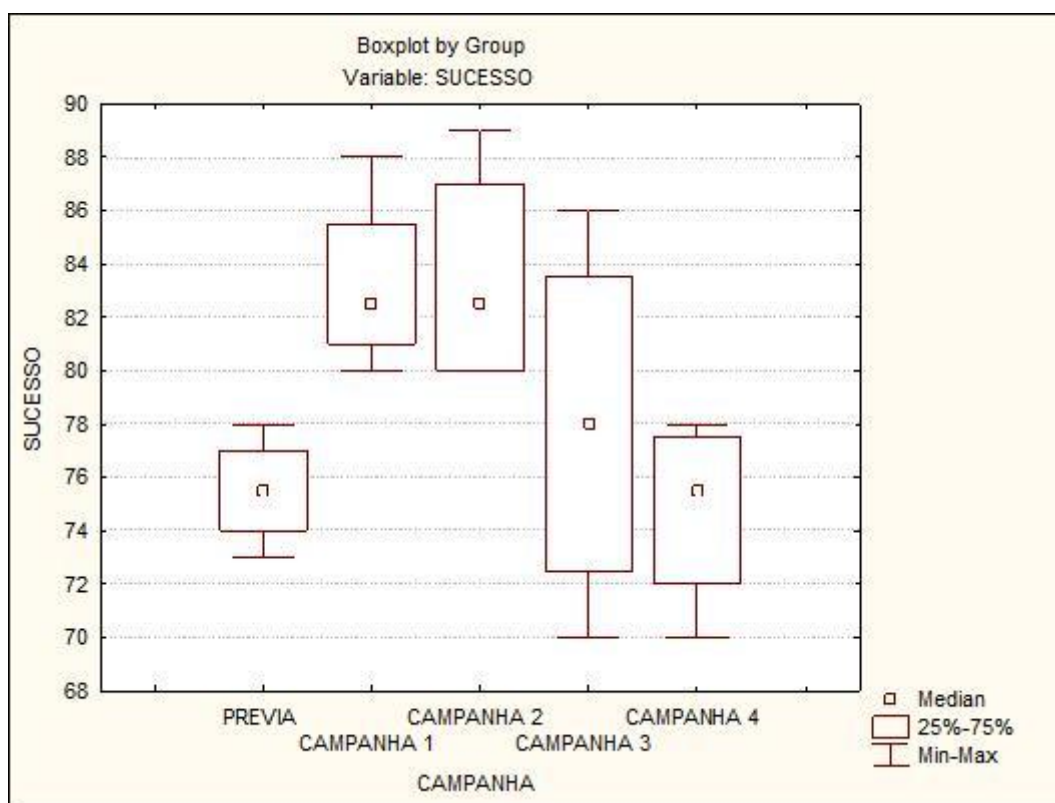


Figura 17.5.1 – Gráfico com o resultado do teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis, para comparação temporal dos resultados obtidos com as amostras do ponto PS-N1.

Tabela 17.5.2 - Resultados de Testes t-Student com os dados das réplicas da amostra PS-C1 para as 5 campanhas realizadas.

Teste t-Student					
PS-C1	Prévia	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
<b>Prévia</b>		0,856243	0,365026	0,228258	0,081417
<b>Campanha 1</b>			0,252223	0,124428	<b>0,043584</b>
<b>Campanha 2</b>				0,876990	0,321744
<b>Campanha 3</b>					0,254226
<b>Campanha 4</b>					

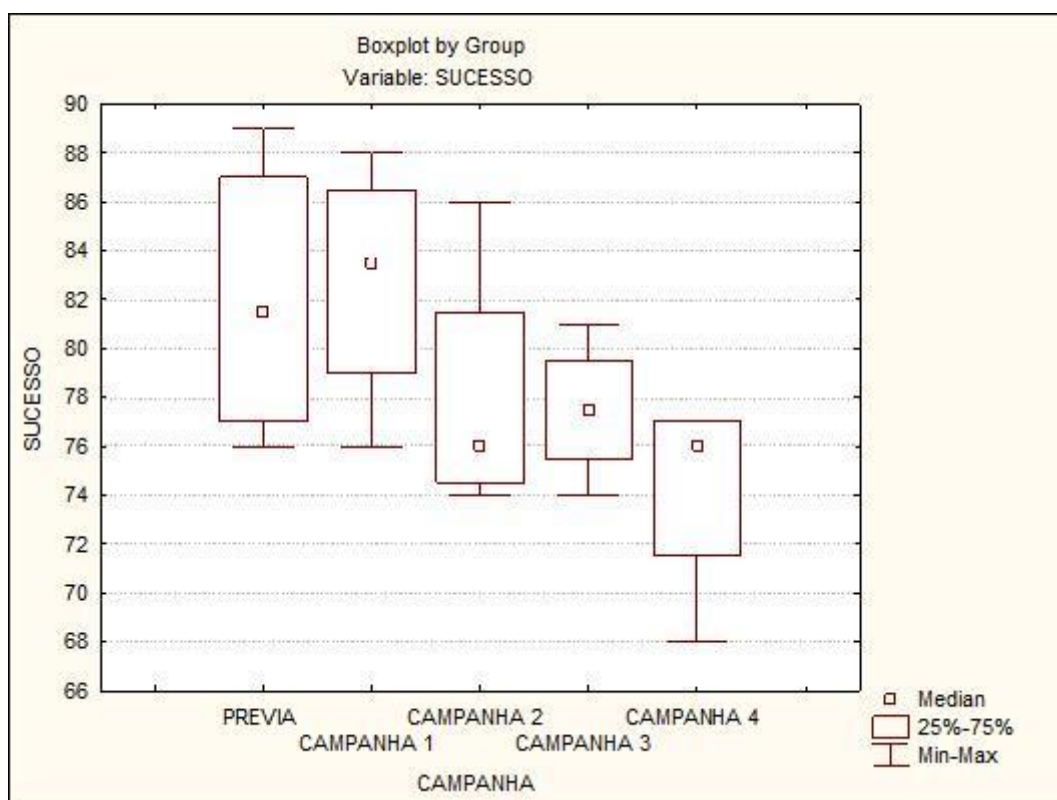


Figura 17.5.2 – Gráfico com o resultado do teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis, para comparação temporal dos resultados obtidos com as amostras do ponto PS-C1.

Considerando os tratamentos de comparações feitas para os dados temporais da amostra PS-N1, observa-se que o resultado da Campanha Prévia é igual aos resultados das campanhas III e IV. Tal constatação é importante pois mostra que os dados da Campanha IV, onde foi observado efeito ecotoxicológico não difere da Campanha III que não apresentou efeito, não sendo também

diferente da Campanha Prévia, quando não havia lançamento de sedimentos do trecho 4.

Da mesma forma, aplicaram-se esses tratamentos para os dados do ponto PS-C1. É interessante observar que a amostra coletada na Campanha IV, cujos dados indicaram toxicidade, não foram diferentes dos dados da Campanha prévia, Campanha II e Campanha III, campanhas estas que não foram indicadas como apresentando efeitos ecotoxicológicos.

Dessa forma, recomenda-se aguardar os demais ensaios com sedimento total para maior entendimento da questão, onde novamente não pode ser dado unicamente ao teste com elutriato o poder de tomada de decisão sobre tais lançamentos.

De todo modo, fica claro que os sedimentos dragados no trecho 4 não estão causando efeitos ecotoxicológicos nos locais de lançamento, ao menos no método cujos resultados já foram obtidos.

Os resultados das análises ecotoxicológicas no sedimento, para a Campanha Prévia, não apresentaram toxicidade crônica para *Leptocheirus plumulosus*. As amostras de sedimento coletadas nas Campanhas I, II, III, IV e V foram enviadas para os laboratórios responsáveis e os resultados serão apresentados em relatórios futuros.

## **17.6. Cronograma**

Em função do cronograma de dragagem para o Trecho 4, disponibilizado pela Codesp, o início da dragagem na área AL 02 (sub-trecho 4B) ocorreu no dia 16 de março de 2011. A partir do início da dragagem da área AL 02 (sub-trecho 4B) o monitoramento deste programa seguirá o cronograma apresentado na Tabela 17.6-1.

Tabela 17.6-1. Cronograma de atividades para o Programa de Monitoramento Ambiental Intensificado para a Dragagem do Trecho 4 do Porto de Santos.

	SEMANAS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>Coleta das amostras</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Análise do Mercúrio</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Ecotox - Elutriato</i>	■	■	■	■												
<i>Ecotox Sedimento(Q-9, Q-10, PS-C1)</i>	■	■	■	■				■			■					■
<i>Ecotox Sedimento (PS-N1)</i>	■	■	■	■												
<i>Relatório Expedido - Mercúrio</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Relatório Expedido - Ecotox</i>				■												
<i>Relatório consolidado</i>					■					■						■

### 17.7. Referências Bibliográficas

ABNT/NBR 15350 – Ecotoxicologia aquática – Toxicidade crônica de curta duração – Método de ensaio do ouriço-do-mar (Echinodermata: Echinoidea), Rio de Janeiro, 2006.

ABNT/NBR 15638 – Qualidade da água – Determinação da toxicidade aguda de sedimentos marinhos ou estuarino com anfípodos. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT/NBR ISO/IEC 17025. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro, 2005.

Brasil, 2004. Resolução Conama nº 344, de 25 de março de 2004. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama.

LICENÇA PRÉVIA Nº 290/2008. Brasília, 03 de junho de 2008.

NOTA TÉCNICA Nº 117/2010-COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA. Monitoramento intensivo da dragagem de trecho 4 do Porto de Santos. Brasília, 23 de setembro de 2010.

Prósperi, V. A. 2002. Comparação de métodos ecotoxicológicos na avaliação de sedimentos marinhos e estuarinos. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos.

Rachid, B.R.F. 2002. Avaliação Ecotoxicológica dos efluentes domésticos lançados pelos sistemas de disposição oceânica da Baixada Santista, SP. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da USP. 303p.

RETIFICAÇÃO DE LICENÇA DA INSTALAÇÃO Nº 666/2009. Brasília, 04 de outubro de 2010.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites – Peer Review Draft. Washington DC. 2001.

### **17.8. Anexos**

- 17.8-1. Laudo da análise química de mercúrio na amostra de sedimento da Campanha IV.
- 17.8-2. Laudo da análise ecotoxicológica no elutriato da Campanha III.
- 17.8-3. Laudo da análise ecotoxicológica no elutriato da Campanha IV.

ANEXO 17.8-1. LAUDO DA ANÁLISE QUÍMICA DE MERCÚRIO NA AMOSTRA DE SEDIMENTO DA CAMPANHA IV.



ANEXO 17.8-2. LAUDO DA ANÁLISE ECOTOXICOLÓGICA NO ELUTRIATO DA  
CAMPANHA III.

ANEXO 17.8-3. LAUDO DA ANÁLISE ECOTOXICOLÓGICA NO ELUTRIATO DA  
CAMPANHA IV.